

11-07-00

A

11/06/00



NEW, CONTINUATION, DIVISIONAL OR
CONTINUATION-IN-PART APPLICATION
UNDER 37 C.F.R. §1.53(b)

Attorney Docket No. 9319T-000173

Express Mail Label No. EL 684 103 207 US

Date November 6, 2000

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Hon. Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D. C. 20231

Sir:

Transmitted herewith for filing under 37 C.F.R. §1.53(b) is a patent application for LASER DRAWING APPARATUS, LASER DRAWING METHOD, A MASTER FOR MANUFACTURING HOLOGRAM, AND MANUFACTURING METHOD THEREOF.

identified by: ☐ First named inventor Kimio NAGASAKA, Hiroyasu KASEYA and Akira MIYAMAE
or ☒ Attorney Docket No. (see above)

Type of Application

☒ This application is a new (non-continuing) application.

☐ This application is a ☐ continuation / ☐ divisional / ☐ continuation-in-part of prior application No. _____. Amend the specification by inserting before the first line the sentence:

--This is a [continuation/division/continuation-in-part] of United States patent application No. _____, filed _____.--

☐ The entire disclosure of the prior application, from which a copy of the oath or declaration is supplied, is considered part of the disclosure of the accompanying application and is hereby incorporated by reference therein.

If for some reason applicant has not requested a sufficient extension of time in the parent application, and/or has not paid a sufficient fee for any necessary response in the parent application and/or for the extension of time necessary to prevent the abandonment of the parent application prior to the filing of this application, please consider this as a Request for an Extension for the required time period and/or authorization to charge our Deposit Account No. 08-0750 for any fee that may be due. THIS FORM IS BEING FILED IN TRIPLICATE: one copy for this application; one copy for use in connection with the Deposit Account (if applicable); and one copy for the above-mentioned parent application (if any extension of time is necessary).

2. Contents of Application

- a. ☒ Specification of 28 pages;
☐ A microfiche computer program (Appendix);
☐ A nucleotide and/or amino acid sequence submission;
- ☒ Because the enclosed application is in a non-English language, a verified English translation ☐ is enclosed ☒ will be filed.
- ☐ Cancel original claims _____ of the prior application before calculating the filing fee. (At least one original independent claim must be retained for filing date purposes.)
- b. ☒ Drawings on 13 sheets;

11/06/00
09/707217
U.S. PTO

Attorney Docket No. 9319T-000173
Express Mail Label No. EL 684 103 207 US
Date November 6, 2000

- c. ☒ A signed Oath/Declaration ☐ is enclosed / ☒ will be filed in accordance with 37 C.F.R. §1.53(f).

The enclosed Oath/Declaration is ☐ newly executed / ☐ a copy from a prior application under 37 C.F.R. §1.63(d) / ☐ accompanied by a statement requesting the deletion of person(s) not inventors in the continuing application.

d. **Fees**

FILING FEE	Number				Number				Basic Fee
CALCULATION	Filed				Extra		Rate	\$710.00	
Total Claims	32	-	20	=	12	×	\$18.00	=	216.00
Independent Claims	8	-	3	=	5	×	\$80.00	=	400.00
Multiple Dependent Claim(s) Used							\$270.00	=	
FILING FEE - NON-SMALL ENTITY									1326.00
FILING FEE - SMALL ENTITY: Reduction by 1/2									
[] Verified Statement under 37 C.F.R. §1.27 is enclosed.									
[] Verified Statement filed in prior application.									
Assignment Recordal Fee (\$40.00)									
37 C.F.R. §1.17(k) Fee (non-English application)									130.00
TOTAL									1456.00

- ☐ A check is enclosed to cover the calculated fees. The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees that may be required, or credit any overpayment, to Deposit Account No. 08-0750. A duplicate copy of this document is enclosed.
- ☒ The calculated fees will be paid within the time allotted for completion of the filing requirements.
- ☐ The calculated fees are to be charged to Deposit Account No. 08-0750. The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees that may be required, or credit any overpayment, to said Deposit Account. A duplicate copy of this document is enclosed.

3. **Priority Information**

- ☒ **Foreign Priority:** Priority based on Japanese Application Nos. 11-313865, filed November 4, 1999; 2000-92515, filed March 29, 2000; 2000-263757, filed August 31, 2000, is claimed.
- ☒ A copy of the above referenced priority documents ☐ is enclosed / ☒ will be filed in due course, pursuant to 35 U.S.C. §119(a)-(d).
- ☐ **Provisional Application Priority:** Priority based on United States Provisional Application No. _____, filed _____, is claimed under 35 U.S.C. §119(e).

Attorney Docket No. 9319T-000173
Express Mail Label No. EL 684 103 207 US
Date November 6, 2000

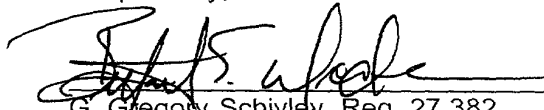
4. **Other Submissions**

- ☐ A Preliminary Amendment is enclosed.
- ☐ An Information Disclosure Statement, _____ sheets of PTO Form 1449, and _____ patent(s)/publications/documents are enclosed.
- ☐ A power of attorney
- ☐ is submitted ☐ with the new Oath/Declaration.
- ☐ is of record in the prior application and ☐ is in the original papers / ☐ a copy is enclosed.
- ☐ An Assignment of the invention
- ☐ is enclosed with a cover sheet pursuant to 37 C.F.R. §§3.11, 3.28 and 3.31.
- ☐ is of record in a prior application. The assignment is to _____, and is recorded at Reel _____, Frame(s) _____.
- ☐ An Establishment of Assignee's Right To Prosecute Application Under 37 C.F.R. §3.73(b), and Power Of Attorney is enclosed.
- ☒ An Express Mailing Certificate is enclosed.
- ☒ Other: acknowledgement postcard

Attention is directed to the fact that the correspondence address for this application is:

Harness, Dickey & Pierce, P.L.C.
P.O. Box 828
Bloomfield Hills, Michigan 48303
(248) 641-1600.

Respectfully,



G. Gregory Schivley, Reg. 27,382
Bryant E. Wade, Reg. No. 40,344

Date: November 6, 2000
Harness, Dickey & Pierce, P.L.C.
P.O. Box 828
Bloomfield Hills, Michigan 48303
(248) 641-1600

明細書

レーザ描画装置及びレーザ描画方法
並びにホログラムマスク及びその製造方法

発明の詳細な説明

発明の属する技術分野

本発明は半導体製造やホログラム製造等の各種微細加工処理に用いられるレーザ描画技術に関する。また本発明はカラー３次元像を再生するためのホログラムマスク及びその製造技術に関する。

従来の技術

図２３に従来のリップマン型ホログラムの原理図を示す。リップマン型ホログラムは体積ホログラムとも呼ばれ、記録材料の内側に厚さ方向に干渉縞を記録したものである。リップマン型ホログラムはその色選択性、角度選択性に優れた性質を利用して、立体画像記録以外にホログラム内部を通過する光の位相を制御して特定の色の光を透過させたり反射する制御、あるいは透過する光を任意の方向に収束させたり特定の方向から入る光を反射するなどの制御をすることができ、フィルターやレンズの機能を持った光学素子として使用することも可能である。

同図に示すように、被写体としてのリング８１を写真乾板６０と適当な距離をとって載置する。気体レーザ３６から照射されたビームはシャッタ３５を通過後、対物レンズ３３で集光され、コリメートレンズ３１で平行ビームとなる。その後、ハーフミラー６６で分岐し、一方はリング８１を照射し、その反射光は信号波６３として写真乾板６０に至る。他方はミラー６１で反射し参照波６４として写真乾板６０に至る。

写真乾板６０の記録材料層は気体レーザ３６から照射されるビーム波

長の数十倍の厚みがある。同図に示す光学系の場合、参照波 6 4 と信号波 6 3 は反対方向から入射するため干渉縞が写真乾板 6 0 表面と平行に近くなり、回折効率が高く、顕著な波長選択性をもつホログラムが得られる。

一般にレリーフ型ホログラムを得るためのマスク等を光リソグラフィで製造するには、フォトマスク製作工程、露光工程、現像工程、及びエッチング工程等を経る必要がある。フォトマスク製作工程では、図 2 2 に示す X Y テーブル式レーザ描画装置が用いられる。同図において、被処理部材 1 1 0 4 はレーザ描画処理の対象となるフォトレジストであり、ガラス基板上に所定の厚みに塗布されている。

X Y テーブル式レーザ描画装置では直交する 2 つのスライダ 1 1 0 2、1 1 0 3 を駆動して X Y テーブル 1 1 0 1 上に載置された被処理部材 1 1 0 4 を X 方向及び Y 方向に移動させながら、レーザ光 1 1 2 を電気光学変調器 1 0 3 及び音響光学変調器 1 0 2 に透過させ、さらにミラー 1 0 4 で反射させて、対物レンズ 1 0 5 で集光して被処理部材 1 1 0 4 上にレーザスポットを形成し、フォトマスクを形成するための所定のパターンを描画する。

通常、フォトマスクの各ピクセルは透明か不透明の 2 つのレベルをとる。ホログラムの深さを仮に 8 レベルとすると、 $8 = 2^3$ で少なくとも 3 つのフォトマスクの組み合わせが必要である。露光工程ではフォトレジストを塗布した石英基板に上述のフォトマスク製作工程で得られたフォトマスクを密着させ、その上から露光する。フォトマスクが 3 つの場合は光源の光量を変えて 3 回露光を行う。

その後、現像を行うと、各ピクセルの高さは 3 回の露光量に応じて深くなる。次に、フォトレジストをマスクとして石英基板をエッチングし、石英基板にフォトレジストのパターンを転写することで、ホログラムマスクが得られる。

しかし、上述のフォトマスク製作工程において、X Y テーブル式レーザ描画装置でパターンを描画した場合、ピクセル数が多くなると X Y 方

向のスライドの移動回数、加減速回数が増加し、描画時間が長くなるという不都合が生じる。

また、パターン内部を塗りつぶす場合は反復運動が多くなり、高速で描画する場合はかなりリニアモータに負担がかかると同時にX Yテーブルの加減速時の反作用により自らが振動要因となり位置精度、速度精度が低下する。

また、特開昭59-171119号にはディスクの回転と光学系の直線運動から高速にパターンニングを行う技術が開示されているが、描画位置精度や描画パターンの解像度を向上させるための手法については何等開示されていない。

また、特開平10-11814号では、X-Y座標系で表現された原画データをR- θ 座標系に変換して所望の文字等を表示する表示パターンの形成方法が開示されているが、深さ方向に微細な階調を有するパターンを高精度に、しかも短時間で描画する技術については開示されていない。

また、複数のフォトマスクの製作が必要となることや、露光工程においてもフォトマスクの枚数分の位置合わせ、露光が必要になり、製造時間、コストとともに大規模になる。

また、図23に示したリップマン型ホログラムにおいて、信号波63と参照波64は干渉する必要があるが、自然光や蛍光灯等の一般的な照明は光源に適さない。従って、被写体は自然光を遮断する暗室内に配置する必要があるが、自然光下の建物は被写体に適さない。しかも、レーザー光は被写体全体を照明する必要があるため、大きな物体は被写体に適さない。

さらに、T.Yatagi, et al., Appl. Opt., 28, 1042-1043 (1989)では、ターンテーブルの回転とスライドによる直線運動との制御系の組み合わせによって、バイナリレベルCGHの作製技術が開示されているが、複数の位相値を有するマルチレベルCGHの作製技術について何等開示されていない。

発明の概要

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その課題とするところは、深さ方向に微細な階調を有するパターンを高精度に且つ短時間で描画するレーザ描画装置、及びレーザ描画方法を提供することにある。

また、本発明の他の課題はリング等の小さな物体に限らず、建物等の大きな物体を被写体とするホログラムを容易に作成することにある。

上記の課題を解決するべく、本発明のレーザ描画装置は被処理部材が載置され該部材を回転させるためのターンテーブルと、直線的なスライダと、光源となるレーザと、スライダに搭載され基板にレーザ光を集光しレーザスポットを形成するための光学系と、レーザスポットの光強度を変化させるための光変調器とを含み、ターンテーブルにより被処理部材を回転させ、且つスライダに搭載された光学系を移動させながら被処理部材上に所定のパターンでレーザ描画を行う。

かかる構成により、被処理部材を回転させつつ、レーザスポットを直線的に移動させることで、深さ方向に微細な階調を有するパターンを高精度に且つ短時間で描画することができる。

上記の構成において、ターンテーブルの回転数と光変調器の制御信号との同期をとるための基準信号を発生させる発振器と、光変調器の制御信号の出力値に対応するデジタルデータを記録するための記憶装置と、前記デジタルデータをアナログ信号に変換するための変換器とを含んで構成されるフォーマッタをさらに備えることが好ましい。

かかる構成により、露光量データを予め記憶装置に記憶しておき、該露光量データを逐次読み出しながらこれをアナログデータに変換して、ターンテーブルの回転と同期をとりつつ、レーザビームの変調を行うことができる。

本発明のレーザ描画装置は被処理部材が載置され該部材を回転させるためのターンテーブルと、直線的なスライダと、光源となるレーザと、

本発明のホログラムマスタはカラー３次元像の色成分毎に分解された像を再生するための複数のホログラム領域が同一基板上に配置されている。上記色成分は、例えば、赤色、緑色、及び青色である。上記のホログラムマスタを基に再生された像をホログラム用記録媒体に複写することによりホログラムを作製することができる。

図9はサンプリング情報生成サブルーチンの処理ステップを記述したフローチャートである。

図 23 は従来のリップマン型ホログラムの説明図である。

以下、各図を参照して本発明の実施の形態について説明する。

図１にレーザ描画装置の構成を示す。同図において、気体レーザ又は固体レーザから射出したレーザ光１１２はレーザノイズを除去するための電気光学変調器１０３、及び描画パターンに応じて透過率が変化する音響光学変調器１０２を透過する。その後、レーザ光１１２はミラー１０１、１０４で反射し、対物レンズ１０５で集光されてレーザスポット

となり、ガラス原盤 108 の表面に形成されたフォトレジスト層 111 を照射する。この光の作用によりフォトレジスト層 111 に潜像を形成し、パターンを描画する。

通常、レーザスポットの光強度が高くなればなるほど、潜像がより深く形成される。テーブル 106 はスライダ 107 の上を時間の経過とともに r 方向、つまりガラス原盤 108 の内周から外周に向けて移動する。また、ガラス原盤 108 はターンテーブル 109 に真空吸着しており、スピンドルモータ 110 の駆動力を得て回転する。この動作によって、図 2 に示すように、フォトレジスト層 111 を照射するレーザスポットの軌跡 202 はスパイラル（渦巻き）状となる。この軌跡の一周分をトラックと呼ぶことにする。レーザスポットはホログラム領域 201 内を露光する。

尚、描画動作中のスピンドルモータ 110 の回転制御方式は特に限定されるものではないが、回転数は常に一定（角速度一定）で制御するものとする。この場合、レーザスポットがフォトレジスト層 111 を走査する速度はレーザスポットと回転中心点の距離（半径）に比例して速くなる。ガラス原盤 108 で均一の露光量を得るためには、レーザスポットが走査する速度に比例してレーザスポットの強度を高くする必要がある。この制御を行うのが電気光学変調器 103 で、半径に応じてレーザ光 112 の透過光強度を変化させる機能をもつ。

ここで、ホログラム領域 201 に図 4 に示すようなパターンを描画する場合を考える。パターンを構成しているピクセル 404 は回転中心点 401 から径方向に延びる複数の線分 402 と円弧 403 で仕切られている。ホログラム領域 201 内の各ピクセルのハッチング密度は深さを表し、濃い程深いことを意味している。ガラス原盤 108 に塗布されているフォトレジストがポジ型の場合には、現像時に露光された部分が溶解して凹形状が形成されているが、この深さは露光量が多くなると深くなる。

従って、濃度が濃いピクセルに対しては露光量が多く、濃度が薄いピ

クセルに対しては露光量が少なくなるように電気光学変調器103を制御する。各ピクセルに形成するドットは1パルスのレーザ照射で形成してもよく、レーザスポット径がピクセルに対して小さい場合には複数パルスのレーザ照射で形成してもよい。

電気光学変調器103は一般的に光変調器ドライバに入力される制御信号に応じて駆動される。図3はこの光変調器ドライバに制御信号を供給するフォーマッタの機能ブロック図である。このフォーマッタはスピンドルモータに同期し、各ピクセルの深さに対応した電圧レベルを高精度のタイミングで光変調器ドライバへ供給する。

水晶発振器301より供給されるクロック信号は分周器302で分周され、分周後のクロック信号の周波数はシリアル信号生成器307の基準周波数 f_r となる。更に基準周波数 f_r のクロック信号は分周器303で分周され、スピンドルモータの回転数を制御するための基準信号となり、スピンドルモータドライバへ供給される。

一方、ハードディスク304には各ピクセルの露光量に対応する値(データ)が露光される順番に記録されている。これらのデータはインターフェースコントローラ305によりFIFO (First In First Out) メモリ306に転送される。ここでは連続した複数ピクセルの露光量に対応するデジタルデータがパラレルに転送される。このパラレル信号をシリアル信号生成器307で1つのピクセルに必要なビット数分に分割し、基準信号 f_r に同期しながら時系列的にD/A変換器308に転送する。D/A変換器308では入力されたデジタル信号に対応する電圧レベルのアナログ信号に変換し、光変調器ドライバへ供給する。

このように、ホログラム領域201を構成する各ピクセルには所定の露光量での露光が行われ、現像によりフォトレジスト層111にはレリーフ状のパターンが形成される。フォトレジスト層111をマスクとしてガラス原盤108をエッチングすることで、フォトレジスト層111のパターンをガラス原盤108に転写することができる。これにより、ホログラムマスクが得られる。

以上、述べたように本実施の形態によれば、深さ方向に微細な階調を有するパターンを高精度に且つ短時間で描画することができる。ここではホログラムマスタの製造例を挙げたが、深さ方向に微細な階調を有するパターンを加工する場合に有効である。

次に、図1で説明したレーザ描画装置を用いてレーザ露光する場合のレーザスポットの深さの精度を高める方法について説明する。図5に示すように、通常のレーザ描画装置のレーザスポットのビームプロファイル $I(x)$ は曲線501のようになる。レーザ強度が零になる最小の円はエアリーディスクと呼ばれ、その半径 w はレーザ波長と光学系の開口数で定まる値となる。エアリーディスクの定義は光学概論II（辻内順平、著：朝倉書店）第76頁に詳しく記載されている。

このようなレーザスポットで瞬間的にフォトレジストを露光して一つのピクセルを形成しようとした場合はビームプロファイルと同様の形状のレジストパターンが形成される。理想的には各ピクセルの領域内で深さが均一であることが望ましいことから、レーザスポットのビームプロファイルは矩形であることが望まれる。しかし、レーザスポット径をレーザ波長と同じオーダーにする場合は矩形のビームプロファイルは原理的に不可能である。

そこで、レーザ描画する際に、図1に示すターンテーブル109が一回転する間にテーブル106が進む距離、即ちトラックピッチ p をレーザスポットのエアリーディスクの半径 w と同等にすると、図2に示すホログラム領域201内でほぼ理想的な露光分布が得られる。図6を参照してこの原理を以下に説明する。同図において、符号601、602はフォトレジストに照射されるレーザスポットのビームプロファイル、603はフォトレジストに照射される総和の露光量分布、604は現像処理後のフォトレジストの深さ分布、605はフォトレジストの目標とする深さ分布である。

同図において、トラック t_n 上に照射されるレーザスポットはビームプロファイル 601 を有し、これに隣接するトラック t_{n+1} 上に照射されるレーザスポットはビームプロファイル 602 を有する。これらのビームプロファイル 601, 602 は説明を簡略化するためにビームプロファイル 501 を三角形形状に近似してある。

トラックピッチ p とエアリーディスク半径 w を同等にしたので、ビームプロファイル 601 のピーク的位置ではビームプロファイル 602 は零となるため、トラック t_n 中心での露光量は隣接トラック t_{n+1} のビームプロファイル 602 の影響を受けない。このため、フォトレジストに照射される径方向の総和の露光量分布は個々のビームプロファイルの頂点を結ぶことで得られ、符号 603 で示す曲線のようになる。

このフォトレジストを現像処理すると、レジストパターンの深さ分布は符号 604 のようになり、目標とする深さ分布 605 をほぼ実現することができる。但し、各ピクセルの境界上で深さが緩やかに変化しており、いわゆる低域通過フィルタをかけたのと等価である。このことから、トラックの空間周波数 ($1/p$) は深さ分布 604 で必要とされる空間周波数帯域よりも大きいことが望まれる。

以上、説明したように、トラックピッチ p をレーザスポットのエアリーディスク半径 w と同等にすることで、形成すべきレジストパターンの深さとレーザスポットによる露光量が一対一に対応するため、露光制御が容易となり、深さ方向に精度の良い加工処理を実現できる。

発明の実施の形態 2.

本実施形態のレーザ描画装置は図 1 に示す構成を備えている。本実施形態のレーザ描画方法を説明する前に、図 11 を参照して、ガラス原盤 108 の描画領域 405 上に描画するパターンの座標系について説明する。描画領域 405 はガラス原盤 108 の回転中心点 401 を中心とす

る二つの弧と、回転中心点401を通る二つの直線で囲まれた領域である。描画点の位置を表すのに、回転中心点401を基準として二つの座標系を用いる。一つは直交座標系（XY座標系）で、回転中心点401を原点とし、描画領域405を形成する弧の中点と回転中心点401を通る直線上にY軸を設定する。もう一つは極座標系（ $r\theta$ 座標系）で、 r は回転中心点401と描画点との距離、回転角 θ は描画点と回転中心点401を通る直線がX軸となす角度である。

図7はレーザ描画装置の制御系のブロック図である。同図において、水晶発振器701から出力される一定周波数の信号は分周器702で分周され、D/A変換器705が駆動するタイミングを定める基準信号となる。D/A変換器705はこの基準信号のタイミングでFIFOメモリ704からデジタル信号を逐次読み出し、これに準じた電圧のアナログ信号に変換して音響光学変調器102の制御信号として音響光学変調器ドライバに出力する。D/A変換器705のビット数は特に限定されるものではないが、本実施形態では8ビットとする。この基準信号は分周器703で更に分周され、スピンドルモータ110の回転数を制御するスピンドルモータドライバへ供給される。このように、音響光学変調器102とスピンドルモータドライバを共通の基準信号で制御することで、完全な同期が可能となり、描画位置精度を高めることができる。

FIFOメモリ704はメモリ内のデータ残量が全容量の半分より少なくなると、割り込み信号710をサンプリング座標生成ルーチン706へ出力する。ここで、FIFOメモリ704の全容量の半分以上をSIZEバイトとする。サンプリング座標生成ルーチン706は割り込み信号710を受信すると、SIZEバイト分の露光量データを生成する。本実施形態ではD/A変換器705のビット数を8ビットとしているため、露光量データはD/A変換器705によって256階調の光強度変調信号へと変換され、音響光学変調器ドライバへ出力される。

図8にサンプリング座標生成ルーチン706の処理ステップを示す。同図において、変数 m は本処理ステップで露光量データを求めるべきサ

ンプリング座標の個数をカウントするための変数である。各サンプリング座標における露光量データは8ビットであるから、本処理ステップをS I Z E (回)、即ち、 $m = S I Z E$ となるまで、ステップS 1 0 1～ステップS 1 1 4を繰り返し実行することで、S I Z Eバイト分の露光量データが生成される。

また、 r_0 は描画開始半径であり、 r_i は*i*番目のトラック半径である。 Δr は隣接するトラックの間隔で、 $(r_{i+1} - r_i)$ に相当する。 θ_0 は各トラックにおいて最初のサンプリング点の回転角であり、 θ_j は*j*番目のサンプリング点での回転角である。 $\Delta \theta$ は隣接するサンプリング点の回転角の差で、 $(\theta_{j+1} - \theta_j)$ に相当する。また、*i*と*j*は零又は自然数の値をとる静的変数であり、 $0 \leq i < M_r$ 、 $0 \leq j < M_\theta$ の範囲をとる。*i*と*j*は描画処理前にそれぞれ0に初期化され、描画処理中はそれぞれの値が保持される。

サンプリング座標生成ルーチン706に割り込み信号が供給されると、変数*m*の値が0に初期化される(ステップS 1 0 1)。次いで、変数*m*の値とS I Z Eの値が比較され、 $m < S I Z E$ の場合に(ステップS 1 0 2; YES)、 r_i に $r_0 + i \times \Delta r$ の値を代入し、 θ_j に $\theta_0 + j \times \Delta \theta$ の値を代入する(ステップS 1 0 3)。ここで、*i*と*j*のそれぞれはサンプリング座標生成ルーチン706に割り込み信号が供給される前に保持されていた値である。次いで、*X*に $r_i \times \cos \theta_j$ の値を代入し、*Y*に $r_i \times \sin \theta_j$ の値を代入して、極座標系から直交座標系への座標変換を行う(ステップS 1 0 4)。

次いで、サンプリング情報生成サブルーチン708を呼び出し、フォトレジストの潜像の深さに比例したデータ(以下、深さデータという)を生成する(ステップS 1 0 5)。図9に示すように、サンプリング情報生成サブルーチン708においては、まず、直交座標系に変換されたサンプリング点が描画領域405内に位置しているか否かが判定される(ステップS 2 0 1)。サンプリング点(*x*, *y*)が描画領域405内に位置している場合には(ステップS 2 0 1; YES)、関数*f*(*x*, *y*)

より深さデータを取得し、これを変数 d に代入する。関数 $f(x, y)$ は各サンプリング点での深さデータを演算により求めるための関数である。

このように、深さデータのデータ量が全体で膨大な容量になったとしても、描画処理中に深さデータを演算で求める構成であるため、深さデータを予め記憶装置（例えば、外部記憶装置）に格納しておく必要がなく、レーザ描画装置の構成を簡素化することができる。もし、深さデータの演算に時間がかかるようであるならば、深さデータを予めメモリ709に格納しておき、描画処理中にこれを参照しながら描画するように構成してもよい。一方、サンプリング点が描画領域405内に位置していない場合には（ステップS201；NO）、変数 d に‘0’を代入する（ステップS204）。そして、変数 d の値を出力する（ステップS203）。

次いで、露光量変換サブルーチン407を呼び出し、露光量変換を行う（ステップS106）。通常、ポジ型フォトレジストを用いた場合、形成された潜像は現像処理により溶解し、フォトレジスト表面には潜像の深さに準じた深さの凹形状が形成される。潜像の深さは露光量に依存するため、フォトレジスト表面に形成される凹形状の深さは露光量に依存することとなる。図10にレジスト深さと露光量との関係を図示する。符号70はレジスト深さに対する露光量を示した感光特性曲線である。露光量変換サブルーチン707では、感光特性曲線70を用いて深さデータ（変数 d の値）から必要となる露光量データを求め、これをFIFO704に出力する（ステップS107）。露光量変換処理はメモリ上に深さデータと露光量データをテーブルの形で予め記録しておき、これを参照するように構成してもよく、特性曲線を表す近似式から算出するように構成してもよい。

次いで、 j の値を1だけインクリメントし（ステップS108）、 j の値が $M\theta$ の値に一致しない場合には（ステップS108；NO）、 m の値を1だけインクリメントして（ステップS110）、ステップS102に

戻る。一方、 j の値が $M\theta$ の値に一致する場合には (ステップ S 1 0 8 ; YES)、 j に 0 を代入し (ステップ S 1 1 1)、 i の値を 1 だけインクリメントする (ステップ S 1 1 2)。ここで、 i の値が $M r$ に一致しない場合には (ステップ S 1 1 3 ; NO)、 r_i に $r_0 + i \times \Delta r$ の値を代入し (ステップ S 1 1 4)、ステップ S 1 1 0 へ進む。一方、 i の値が $M r$ に一致する場合には (ステップ S 1 1 3 ; YES)、描画を終了する。

以上、述べたように、本実施形態のレーザ描画装置では様々な種類のサンプリング情報生成サブルーチンを用意することで、多種多様なパターンを描画することができる。また、高速にターンテーブル 1 0 9 を回転させながら描画することができるため、従来の X Y テーブル式のレーザ描画装置と比較して高速、且つ高精度に任意のパターンを描画することができる。

尚、上記の説明においては、音響光学変調器 1 0 2 にてレーザ光 1 1 2 を変調する構成を示したが、レーザ光源に半導体レーザを用いることもできる。この場合、半導体レーザ自体で光変調が可能なため、音響光学変調器 1 0 2 は不要である。

次に、描画パターンが周期的な基本パターンの繰り返しで構成される場合の描画方法について説明する。ガラス原盤 1 0 8 の描画領域 4 0 5 に図 1 2 に示すようなフォトレジストの格子状のパターンを形成する場合を説明する。同図において、直線 8 0 2 に代表されるようなガラス原盤 1 0 8 の回転中心点 4 0 1 を通る直線と、トラック 8 0 3 に代表されるようなトラックとの交点 (例えば、符号 8 0 0、符号 8 0 1 で示される交点) がサンプリング点となる。

格子状のパターンは周期性を示しており、その基本パターンを図 1 3 に示す。ここでは、格子状のパターンの一周期をセル 9 0 0 と呼ぶことにする。セル 9 0 0 内の座標は相対座標 (x_r , y_r) で表すことができる。 P_x は x_r 軸方向の周期であり、 P_y は y_r 軸方向の周期である。セル 9 0 0 は 2 種類の領域を有しており、符号 8 0 4 で示される領域が露光せずにフォトレジストを残す領域で、セル枠という。符号 8 0 5 で

このような周期的な基本パターンを描画する際の基本的な方法は上述の方法と同じであるが、サンプリング情報生成サブルーチン708のみが異なる。図14はこのような周期的な基本パターンを描画する際のサンプリング情報生成サブルーチン708の処理フローである。同サブルーチンにおいて、まず、サンプリング点(x, y)が描画領域405内に位置している場合には(ステップS301; YES)、座標(x, y)を相対座標(xr, yr)に変換する(ステップS302)。具体的には、xをPxで割った余りをxrとし、yをPyで割った余りをyrとする。

次いで、関数 $f_r(x_r, y_r)$ より深さデータを取得し、これを変数 d に代入する(ステップ S303)。関数 $f_r(x_r, y_r)$ は各サンプリング点での深さデータを演算により求めるための関数である。各サンプリング点での深さデータを求めるには、関数 $f_r(x_r, y_r)$ を用いる手法の他に、予め各サンプリング点の深さデータをメモリに格納しておいてもよい。一方、サンプリング点 (x, y) が描画領域 405 内に位置していない場合には(ステップ S301; NO)、ステップ S304 へ進む。ステップ S304 では変数 d の値を出力する。

以上、述べたように、描画パターンが周期的な基本パターンの繰返しで構成される場合に、図 14 示すようなサンプリング情報生成サブルーチンを設けたため、簡単な演算、少容量のメモリで高速に深さデータの生成が可能となる。また、基本パターンは格子状とは限らず、周期性をもつ任意の形状でも可能である。また、ここではセル枠 804 とセル内部 805 の 2 値の深さをもつパターンを説明したが、3 値以上の複雑なパターンも形成可能である。

尚、トラック間隔 Δr を狭くするか、 $\Delta \theta$ を小さくすることでサンプリング密度を高くすることができ、理想的なパターンを描くことができる。 $\Delta \theta$ を小さくするには、ターンテーブル109の回転数を遅くするか、分周器202の出力信号の周波数とサンプリング情報生成サブルー

チン208の処理速度を高くすればよい。

しかし、現実にはサンプリング密度の高密度化にも限界があり、実施に描画されるパターンには r 方向に Δr 、 θ 方向に $\Delta \theta$ の描画誤差が生じる。そこで、描画パターンに周期性があり、 yr 方向の周期 Py をもつパターンの場合には、

$$\Delta r = Py / n$$

とすることで、 yr 軸方向の実質的な描画精度を向上させることが可能となる。例えば、図12に示す格子状パターンの場合、 yr 軸方向にのみ着目すると、4トラックで1セルを描画することができる。つまり、

$$\Delta r = Py / 4$$

とすることで、4トラック毎にセル枠804を描画することができ、描画精度が向上する。

尚、上記の説明ではガラス原盤108上に1つのパターンを描画する場合を例示したが、同一のレーザパルス列をガラス原盤108が1回転する間に4回照射することで、図15に示すように、同一のパターン1001a、1001b、1001c、及び1001dを一括して描画することができる。また、必要に応じて異なるパルス列を照射すれば、異なる複数のパターンを一括に描画することができる。この描画時間は1つのパターン1001aを描画する時間と等しくすることが可能であるので、1パターン当たりの描画時間を短縮することができる。

発明の実施の形態3.

次に、本実施形態のホログラムマスクについて説明する。

図16はホログラムマスクの平面図であり、図18はホログラムマスクの断面図である。図16に示すように、ホログラムマスク10はカラー3次元像の色成分毎に分解された像を再生するための複数のホログラム領域11、12、及び13を備えている。ホログラム領域11は赤色、ホログラム領域12は緑色、ホログラム領域13は青色の像を再生するものとする。これらの各ホログラム領域は扇形を成し、その中心角は1

図 18 に示すように、ホログラムマスタ 10 はガラス原盤 108 上に塗布されたフォトレジスト 111 から成り、フォトレジスト 111 は深さの異なる多数のピクセルで構成される。ピクセルはフォトレジストにレーザを露光し、これを現像することで得られる。また、このときの露光量を変えることでピクセルの深さを調整することができる。このように凹凸形状を有するホログラムはレリーフ型ホログラムと呼ばれる。図中、符号 113 は深さ d が 0 のピクセルである。

$$\Delta \phi = 2 \pi d (n - 1) / \lambda$$

ここで、nはフォトレジスト111の屈折率であり、λ (nm)はレーザビーム20の波長である。ホログラム領域11に赤色のレーザビーム20を照射すると、レーザビーム20はホログラム領域11で位相変調を受け、レンズ21で集光し、被写体であるリング22の赤色成分の像を再生する。ホログラム領域12，13においても同様に緑色、青色のレーザビーム20を照射すると、それぞれ緑色、青色の像が再生される。

ピクセルの深さ d の最大値は赤色の像を再生させる領域 11 で $\Delta\phi$ が 2π の場合であり、赤色のレーザビーム 20 の波長を 633 nm 、フォトレジスト 111 の屈折率 n を 1.60 とすると、上式より d の最大値は $1.06\text{ }\mu\text{m}$ である。

尚、フォトレジスト１１１をレリーフ状に形成することによって、ホログラムマスク１０を実現したが、石英基板上にレリーフ状のフォトレジスト１１１を形成し、このフォトレジスト１１１を犠牲層としてエツ

チングすることで石英基板にフォトレジスト111のレリーフ形状のパターンを転写することでホログラムマスクを製造してもよい。

また、フォトレジスト111の表面に反射層を設けて反射型のホログラムにしてもよい。

次に、図19を参照して上記のホログラムマスク10の製造方法について説明する。まず、被写体を複数方向から撮影し(ステップS401)、計算機を用いて被写体を構成する各ピクセルの深さデータを計算し、3次元像のデータを生成する(ステップS402)。ステップS401、S402の代わりにコンピュータグラフィックス技術を用いて架空の3次元像のデータを生成してもよい。次に、この3次元像を赤色、緑色、及び青色の各成分の像に分解し、それぞれをFFT又は回折積分を行うことにより、ホログラムマスク10面上の複素振幅分布を計算する(ステップS403)。

ここで、再生像とホログラムマスク面との距離を大きくとることで振幅分布はほぼ一定となり、位相分布のみ着目すればよいことになる。この位相分布が直交座標(XY座標)上に生成されている場合には、極座標($r\theta$ 座標)に変換しておく。この位相分布を構成する各ピクセルについて、必要な位相差が生じるように深さを計算し、その深さを得るために必要な露光量データを計算する(ステップS404)。

一方、ガラス原盤108を精密に研磨、洗浄して原盤再生を行う(ステップS405)。次に、ガラス原盤108表面にフォトレジストをスピコートし(ステップS406)、ガラス原盤108を露光する(ステップS407)。

ガラス原盤108の露光処理では、図1に示すレーザ描画装置を用いる。光源として用いる気体レーザの波長はホログラムマスク10の作製に必要となる空間周波数つまり分解能で決まり、本実施形態では400nm程度の紫色レーザを使用する。また、対物レンズ105による回折限界で集光した場合のレーザビームのスポットサイズは開口数を0.9にすると0.5 μ m程度となる。気体レーザから射出したレーザ112

また、ホログラムマスク 10 上の位相分布を計算機によって求め、このデータに基づいて精密にホログラムマスク 10 を作製し、写真乾板 60 に再生像を複写することにより被写体の大きさに制限されることなく、リップマン型ホログラムを容易に量産することができる。

次に、本実施形態のプログラムの製造方法について図20を参照して説明する。白色レーザ65から照射されたレーザビームはシャッタ35を通過後、カラーフィルタ34に至る。カラーフィルタ34は円盤形状を成しており、円盤内に赤色、緑色、及び青色の3原色のカラーフィルタを備える。白色レーザ65から出射されるレーザビームは3原色の成分を有し、カラーフィルタ34を回転させることで、これを透過するレーザビームの波長を切換えることができる。

カラーフィルタ 34 を透過したレーザビームは対物レンズ 33 で集光し、ハーフミラー 66 で分岐し、一方はミラー 32 に至り、他方はミラー 61 に至る。ミラー 32 で反射したレーザビームはコリメートレンズ 31 で平行ビームとなり、ホログラムマスク 10 に至り、空間的に位相変調を受け、被写体の再生像を形成する波面となる。ホログラムマスク 10 は上述の製法によって得られたものである。ホログラムマスク 10 を透過したレーザビームはレンズ 21 で像が拡大し、信号波 63 として写真乾板 60 に至る。

一方、ミラー 61 で反射したレーザビームはコリメートレンズ 62 で平行光の参照波 64 としては写真乾板 60 に至る。写真乾板 60 の記録材料層が波長の数十倍の厚みがある体積ホログラムであり、信号波 63 と参照波 64 の干渉縞が濃淡又は屈折率の変化として記録される。

この露光操作をカラーフィルタ 34、ホログラムマスク 10 を回転させることによって赤色、緑色、及び青色について計 3 回行う。写真乾板 60 には 3 原色分の干渉縞が重畳されて記録される。その後、必要に応じて写真乾板 60 の現像を行い、ホログラムを完成させる。像を再生する場合は写真乾板 60 に対して参照波 64 と同じ方向から自然光を照射することで、被写体のカラー 3 次元像が浮かび上がる。

次に、本実施形態の表示装置について図 21 を参照して説明する。白

色レーザ 3 6 から照射されたレーザビームはシャッタ 3 5 を透過後、カラーフィルタ 3 4 に至る。カラーフィルタ 3 4 は円盤形状を成しており、円盤内に赤色、緑色、及び青色の 3 原色のカラーフィルタを備える。白色レーザ 6 5 から出射されるレーザビームは 3 原色の成分を有し、カラーフィルタ 3 4 を回転させることで、これを透過するレーザビームの波長を切換えることができる。

カラーフィルタ 3 4 を透過したレーザビームは対物レンズ 3 3 で集光された後、ミラー 3 2 で反射し、コリメートレンズ 3 1 で平行ビームとなりホログラムマスク 1 0 に至る。ホログラムマスク 1 0 は上述の製法によって得られたものである。

カラーフィルタ 3 4 とホログラムマスク 1 0 は同じ回転数で回転し、白色レーザ 3 6 から照射されたレーザビームがカラーフィルタ 3 4 の赤色のフィルタを透過しているときはホログラムマスク 1 0 の赤色のホログラム領域を照射し、赤色の像を再生するように同期がとられている。緑色と青色のホログラム領域についても同様に緑色と青色の像が再生されるように同期がとられている。

また、シャッタ 3 5 もホログラムマスク 1 0 の回転に同期して開閉し、ホログラムマスク領域 1 1, 1 2, 及び 1 3 が適当な位置にきたときにシャッタ 3 5 が開くように構成されている。ホログラムマスク 1 0 の回転数を 3 0 回転/秒程度にすれば、観察者 3 7 はシャッタ 3 5 の開閉によるチラツキがなくなり、カラー 3 次元像を観察することができる。

このように、ホログラムマスク 1 0 の再生像を直接観察することにより、鮮明な 3 次元像を得ることができる。また、ホログラムマスク 1 0 の参照波が入射する方向が固定されているため、参照波の入射方向を調整する必要がない。

特許請求の範囲

1.被処理部材が載置され該部材を回転させるためのターンテーブルと、直線的なスライダと、光源となるレーザと、前記スライダに搭載され前記基板にレーザ光を集光しレーザスポットを形成するための光学系と、前記レーザスポットの光強度を変化させるための光変調器とを含み、前記ターンテーブルにより前記被処理部材を回転させ、且つ前記スライダに搭載された光学系を移動させながら前記被処理部材上に所定のパターンでレーザ描画を行うレーザ描画装置。

2. 前記ターンテーブルの回転数と前記光変調器の制御信号との同期をとるための基準信号を発生させる発振器と、前記光変調器の制御信号の出力値に対応するデジタルデータを記録するための記憶装置と、前記デジタルデータをアナログ信号に変換するための変換器とを含んで構成されるフォーマッタを備える請求項1に記載のレーザ描画装置。

3. 前記ターンテーブルが一回転する間に前記光学系がスライド上を移動する距離が前記レーザスポットのエアリーディスクの半径と同等に設定されている請求項1に記載のレーザ描画装置。

4. 被処理部材を回転させ、且つレーザ光を直線的に移動させて前記被処理部材上に所定のパターンでレーザ描画を行うレーザ描画方法。

5. 前記被処理部材をターンテーブル上に載置して回転させ、且つ直線的なスライダに搭載された光学系を直線的に移動させレーザ光をスライダの直線方向に沿って移動させ、光変調器によりレーザ光の強度を変化させながら前記被処理部材上に所定のパターンでレーザ描画を行う請求項4に記載のレーザ描画方法。

6. 発振器により発生させた基準信号に基づいて前記ターンテーブルのドライバを駆動し、且つ該基準信号に基づいて記憶装置に記録したデジタルデータをアナログ信号に変換して前記光変調器に供給し、前記ターンテーブルの回転数と、前記光変調器の制御信号との同期をとる請求項5に記載のレーザ描画方法。

7. 前記ターンテーブルが一回転する間に前記光学系が前記スライダに沿って直線的に移動する距離を前記レーザスポットのエアリーディスクの半径と同等にする請求項6に記載のレーザ描画装置。

8. 被処理部材が載置され該部材を回転させるためのターンテーブルと、直線的なスライダと、光源となるレーザと、前記スライダに搭載され前記処理部材にレーザ光を集光しレーザスポットを形成するための光学系と、前記ターンテーブルの回転中心からの半径及び回転角を逐次変化させながらサンプリング座標を生成するサンプリング座標生成手段と、前記サンプリング座標位置での状態を表す特定の物理量に対応するサンプリング情報を生成するサンプリング情報生成手段と、前記サンプリング情報から前記レーザスポットの露光量を制御するための露光量制御手段とを備えたレーザ描画装置。

9. 被処理部材が載置され該部材を回転させるためのターンテーブルと、直線的なスライダと、光源となるレーザと、前記スライダに搭載され前記処理部材にレーザ光を集光しレーザスポットを形成するための光学系と、前記ターンテーブルの回転中心からの半径及び回転角を逐次変化させながらサンプリング座標位置での状態を表す特定の物理量に対応するサンプリング情報を生成するサンプリング情報生成手段と、前記被処理部材の感光特性曲線に基づいて、前記サンプリング情報から前記物理量の状態に変化させるのに必要な露光量に対応する露光量情報に変換する

10. 前記サンプリング情報生成手段は描画動作時に前記サンプリング座標から演算によりサンプリング情報を生成する請求項8に記載のレーザ描画装置。

12. 前記ターンテーブルが1回転する間のスライドの送り量を前記基本パターンの整数分の1にして基本パターンを描画する請求項11に記載のレーザ描画装置。

13. 前記被処理部材が1回転する間に同様のレーザパルス列を複数回照射して、被処理部材に同一の描画パターンを複数形成する請求項8に記載のレーザ描画装置。

14. 被処理部材をターンテーブル上に載置して回転させ、且つ直線的なスライダに搭載された光学系を移動させることでレーザ光をスライダに沿って移動させ、ターンテーブルの回転中心からの半径及び回転角を逐次変化させながらサンプリング座標を生成し、サンプリング座標位置での状態を表す特定の物理量に対応するサンプリング情報を生成し、当該サンプリング情報からレーザスポットの露光量を変化させながら前記被処理部材上に所定のパターンでレーザ描画を行うレーザ描画方法。

16. 描画動作時に前記サンプリング座標から演算によりサンプリング情報を生成する請求項14に記載のレーザ描画方法。

18. 前記ターンテーブルが1回転する間のスライダの送り量を前記基本パターンの整数分の1にして基本パターンを描画する請求項17に記載のレーザ描画方法。

20. カラー3次元像の色成分毎に分解された像を再生するための複数

21. 前記色成分は赤色、緑色、及び青色である請求項20に記載のホログラムマスク。

23. 前記複数のホログラム領域が円周上に配置されている請求項20に記載のホログラムマスタ。

25. 形状、透過率、反射率、又は屈折率等の何れかの光学的特性が空間的に変化している感光材料が基板の表面上に形成されている請求項20に記載のホログラムマスク。

27. 前記感光材料を犠牲層とし、エッチングにより感光材料に形成されたパターンを前記基板に転写する請求項26に記載のホログラムマスクの製造方法。

28. 前記感光材料が塗布された基板を回転させながらレーザ光を直線的に移動させ、前記感光材料に形成されるレーザスポットの光強度を変化させながら深さ方向に多階調のレベルをもつパターンを描画すること

29. 前記露光処理を行う露光機として、感光材料を塗布した基板を回転させるためのターンテーブルと、直線的に移動可能なスライダと、光源となるレーザと、前記スライダに搭載され前記感光材料の層にレーザ光を集光しスポットを形成するための光学系と、前記レーザスポットの光強度を変化させるための光変調器を含み任意のパターンを描画するレーザ描画装置を用いる請求項26に記載のホログラムマスクの製造方法。

31. 請求項20に記載のホログラムマスタを基に再生された像をホログラム用記録媒体に複写することにより作製するホログラムの製造方法。

32. 請求項20に記載のホログラムマスタと、該ホログラムマスタを回転させる手段と、前記ホログラム領域に対応した色の光源と、該光源から照射された光線に対応する色のホログラム領域に照射し、カラー3次元像を再生する手段とを備えた表示装置。

1

本発明のレーザ描画装置は被処理部材が載置され該部材を回転させるためのターンテーブルと、直線的なスライダと、光源となるレーザと、スライダに搭載され基板にレーザ光を集光しレーザスポットを形成するための光学系と、レーザスポットの光強度を変化させるための光変調器とを備える。ターンテーブルにより被処理部材を回転させつつ、スライダに搭載された光学系を移動させながら被処理部材上に所定のパターンでレーザ描画を行うことで、深さ方向に微細な階調を有するパターンを高精度に且つ短時間で描画することができる。

图 1

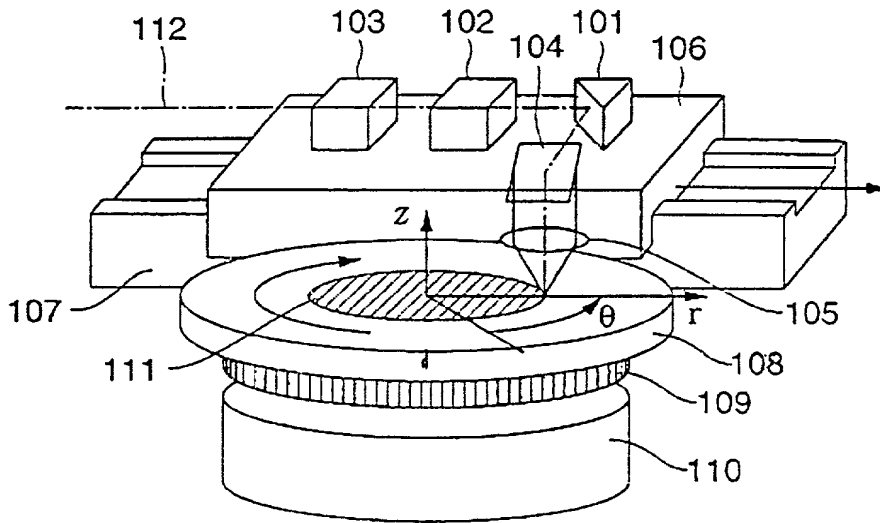


图 2

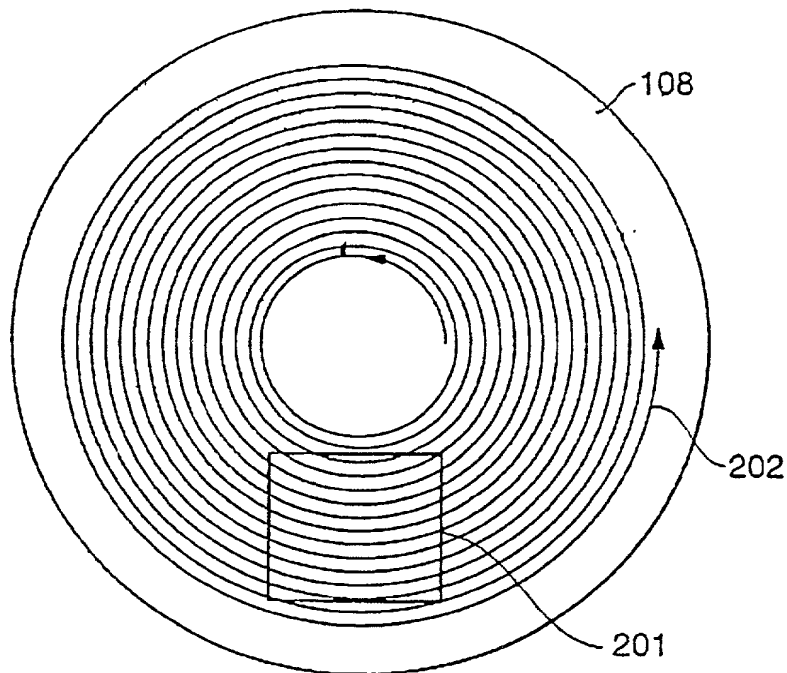


図 3

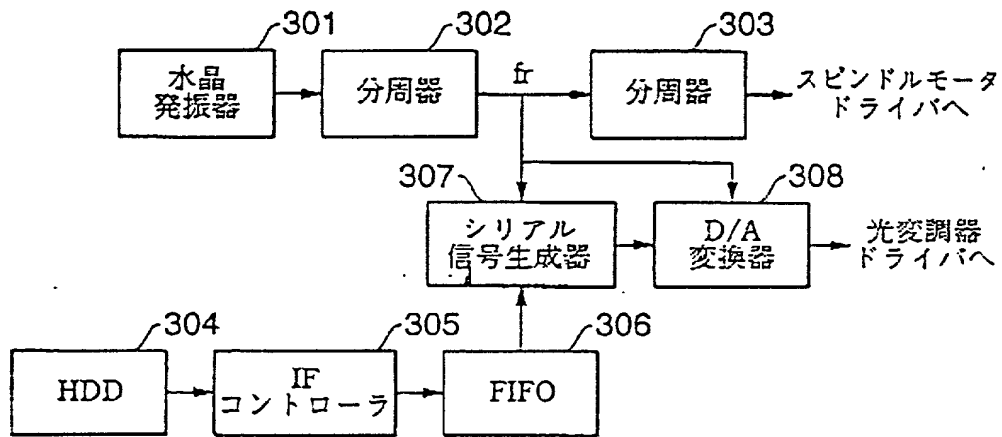


図 4

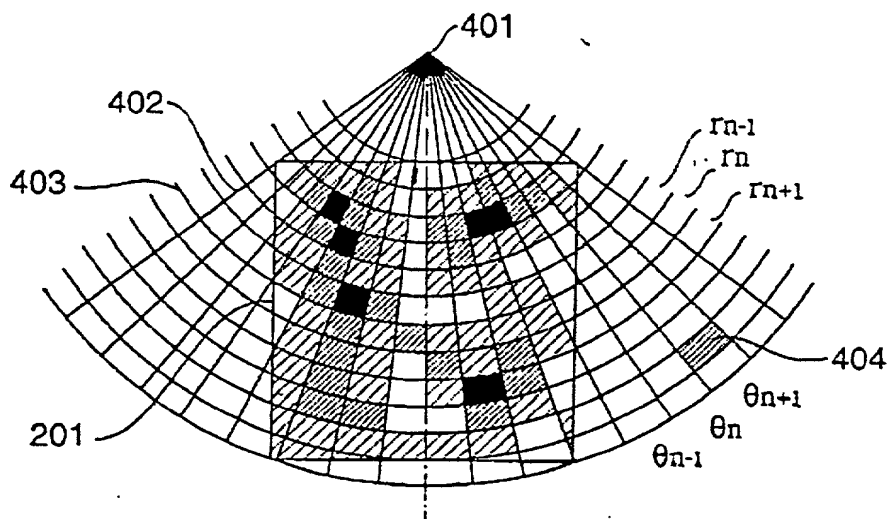


図 5

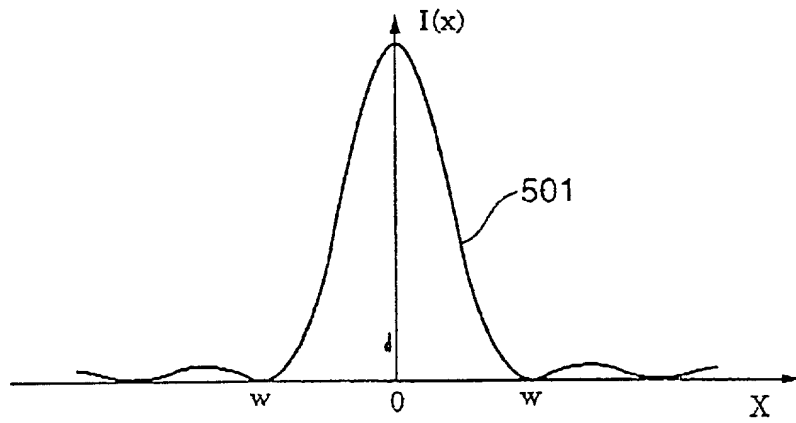


図 6

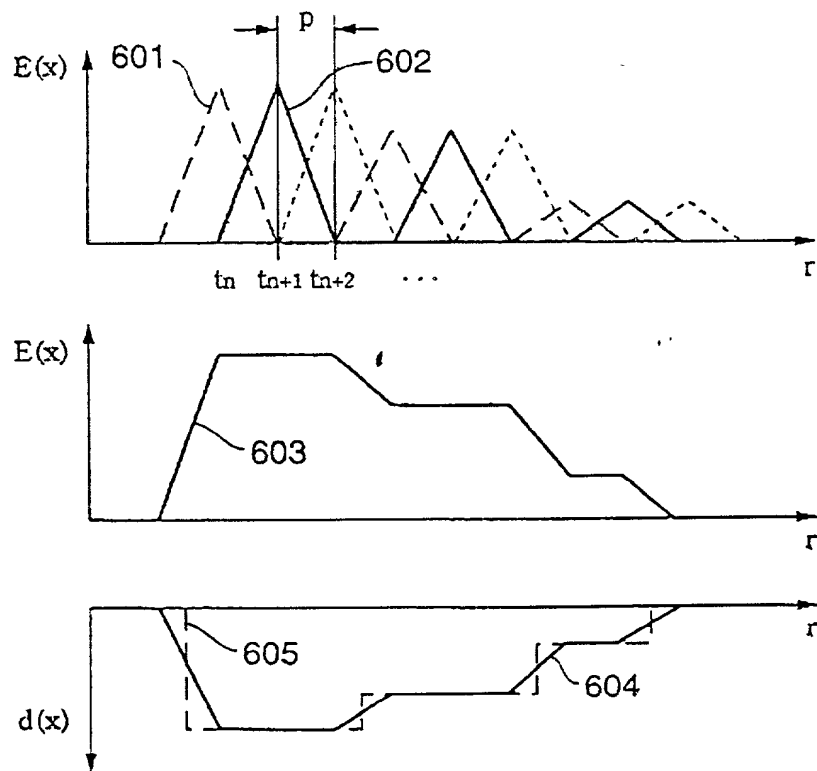


図 7

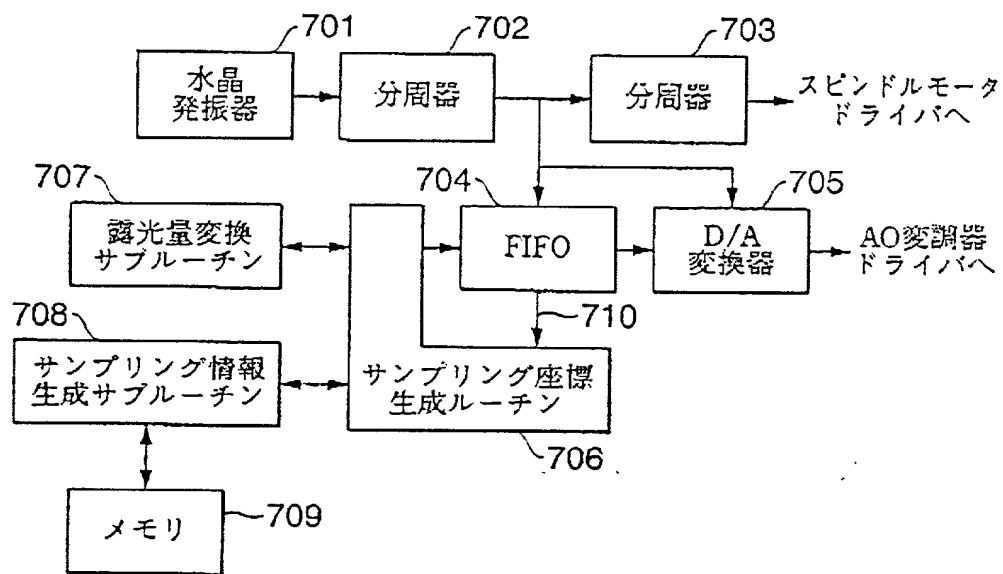


図 8

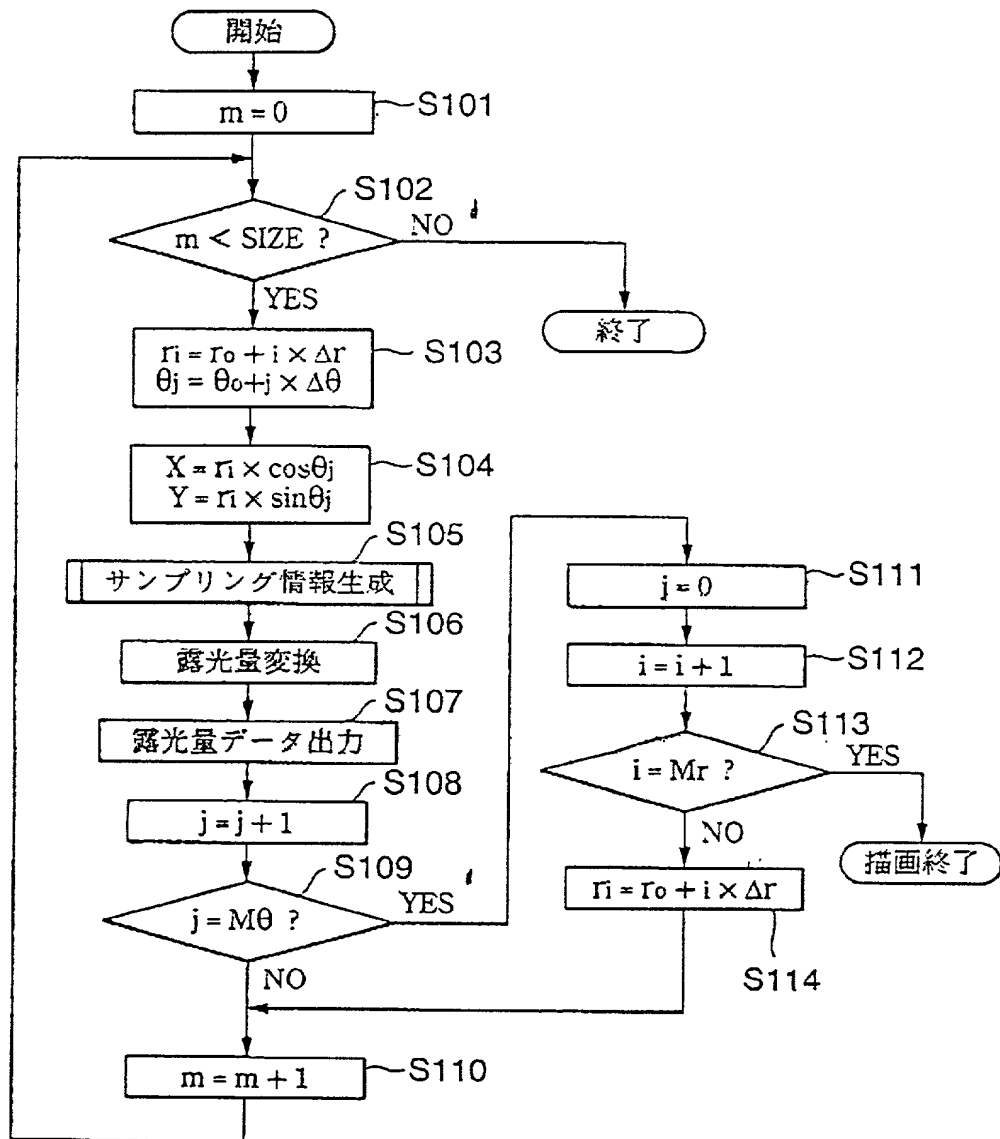


図 9

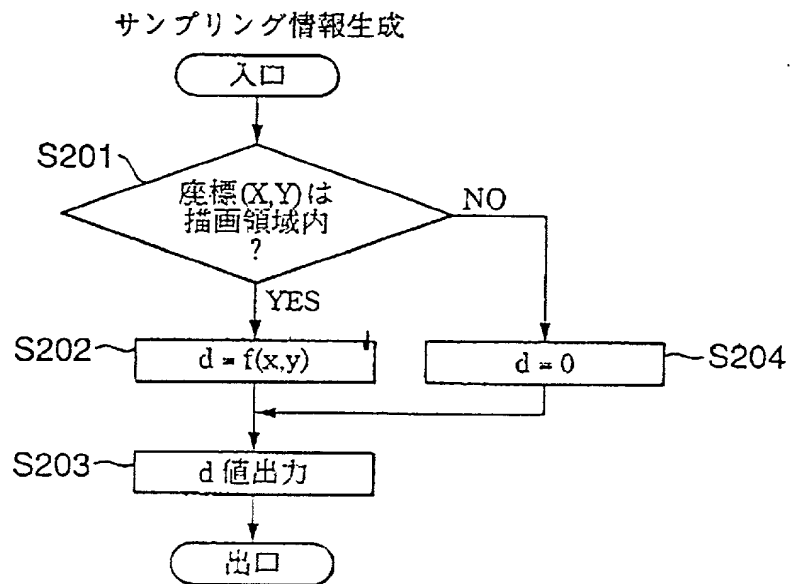


図 10

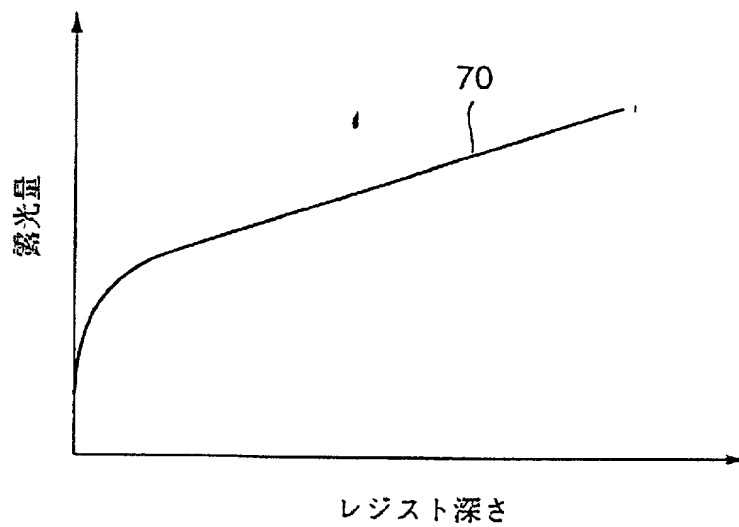


図 1 1

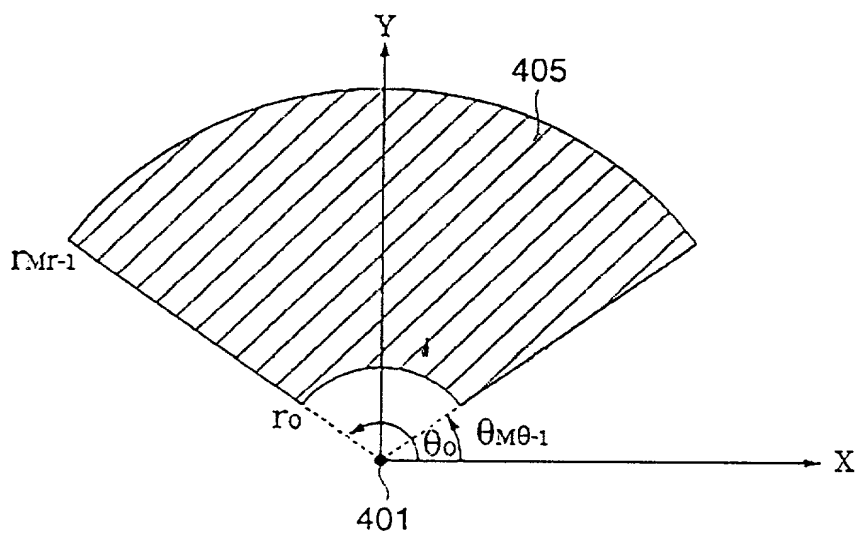


図 1 2

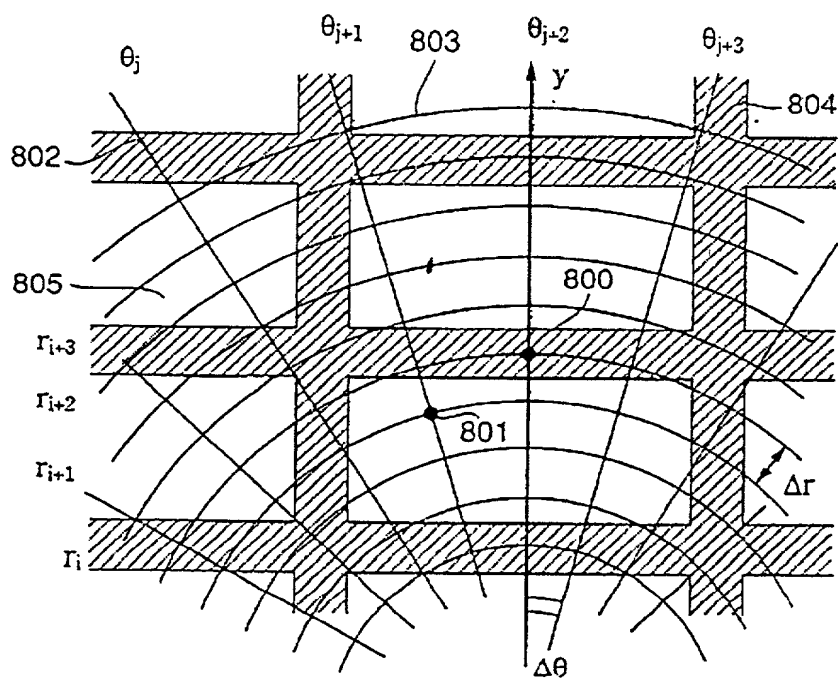


図 1 3

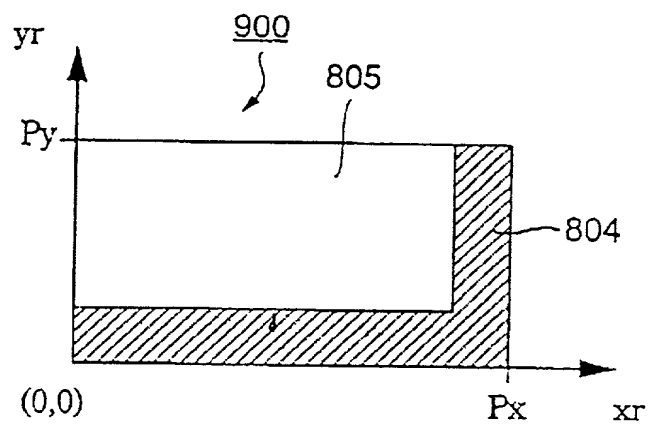


図 1 4

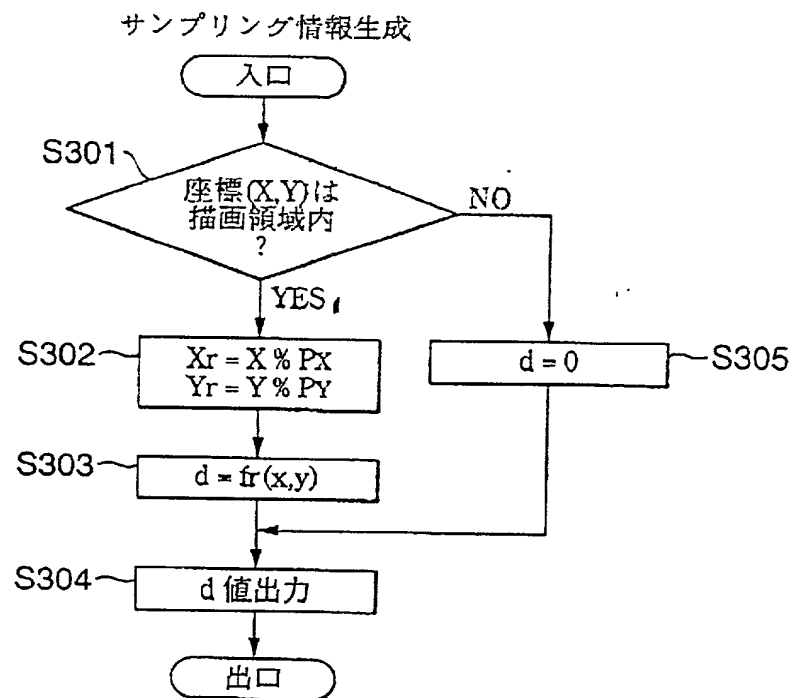


図 15

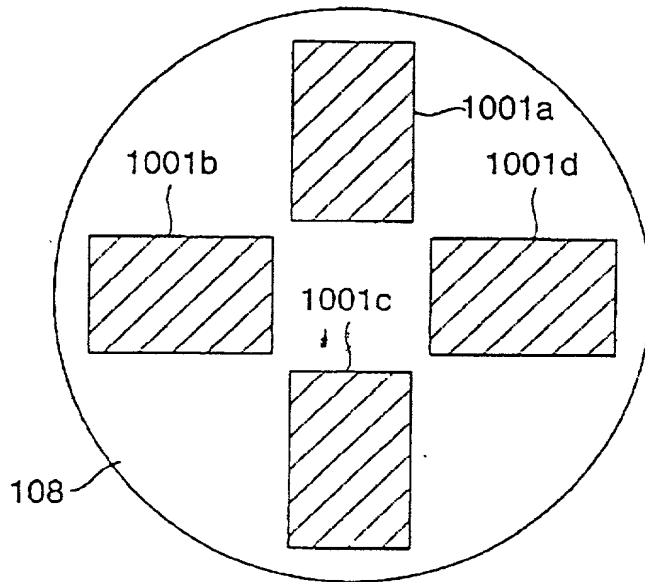


図 16

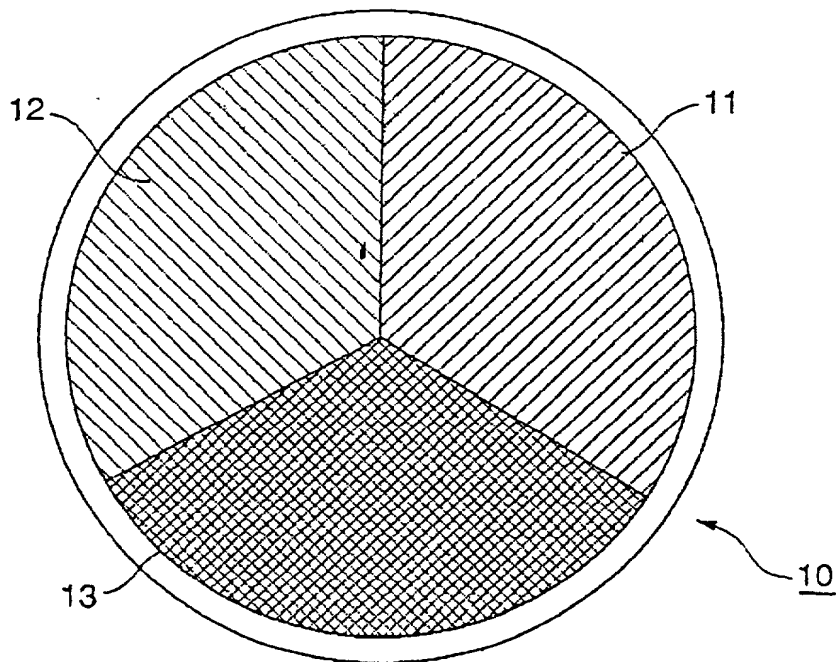


图 17

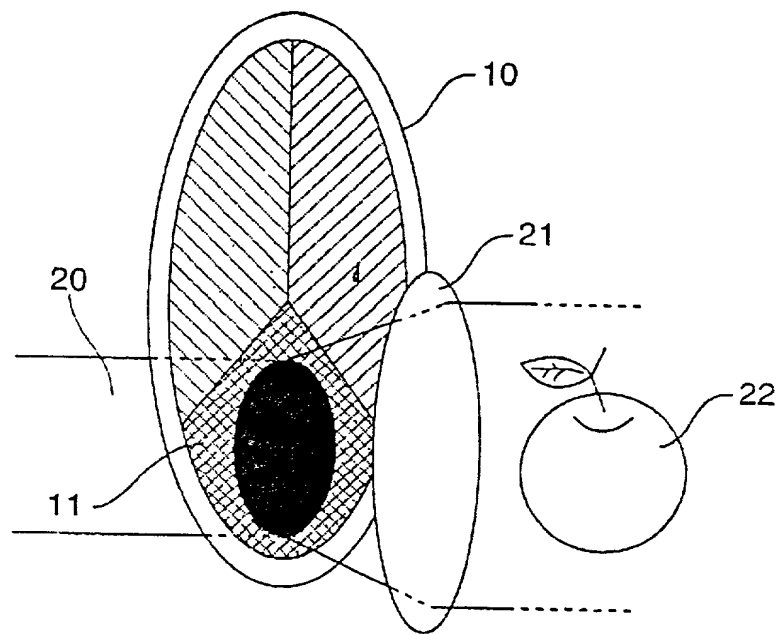


图 18

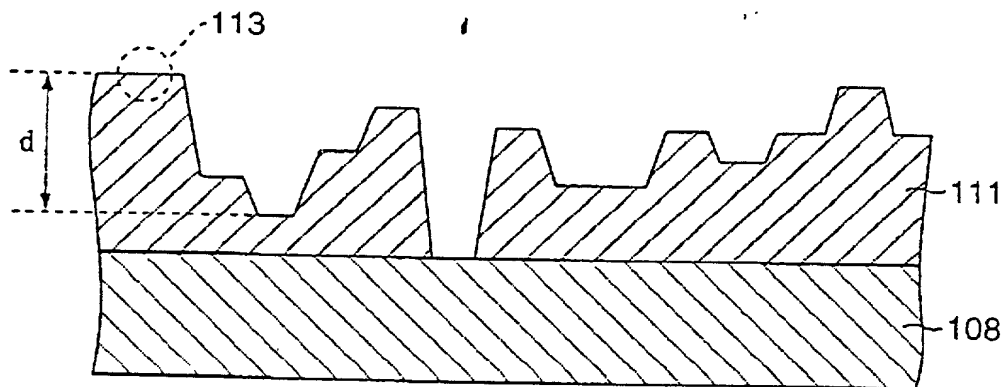


図 19

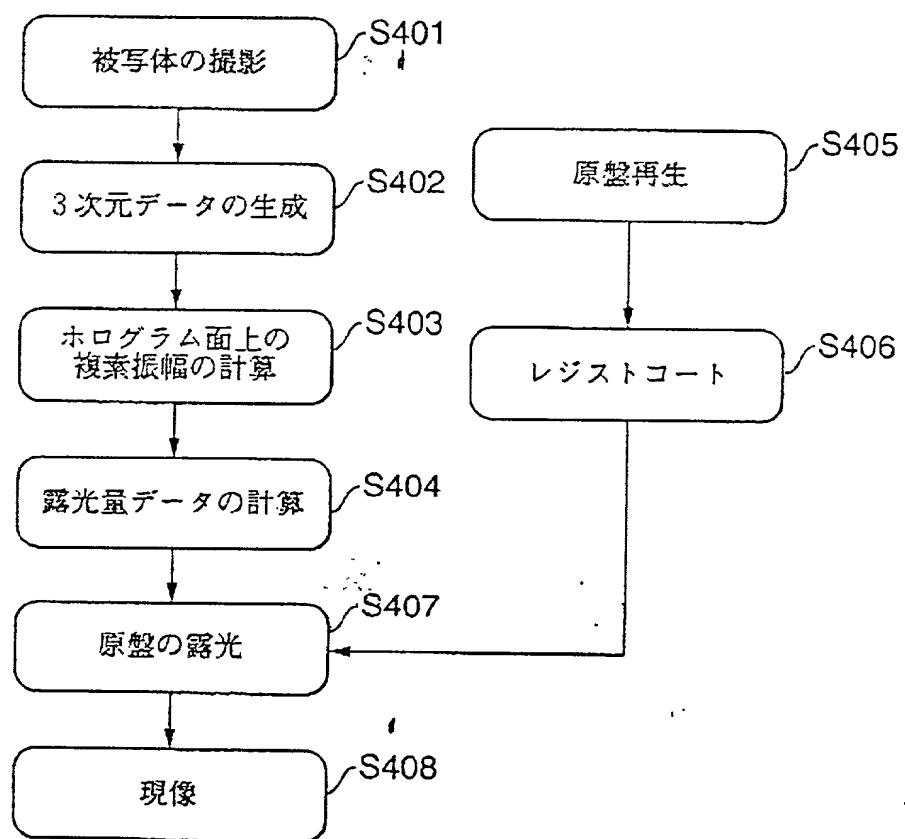


図 20

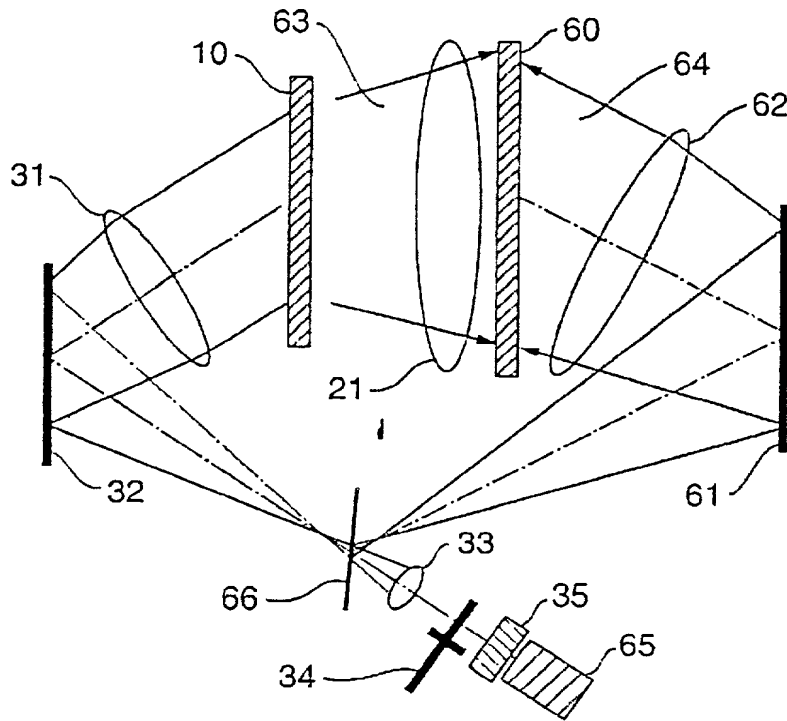
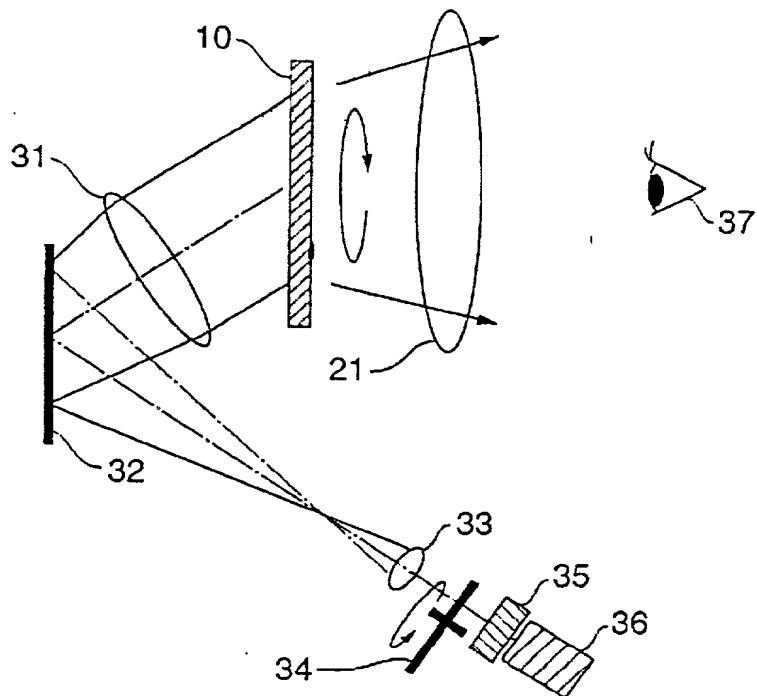
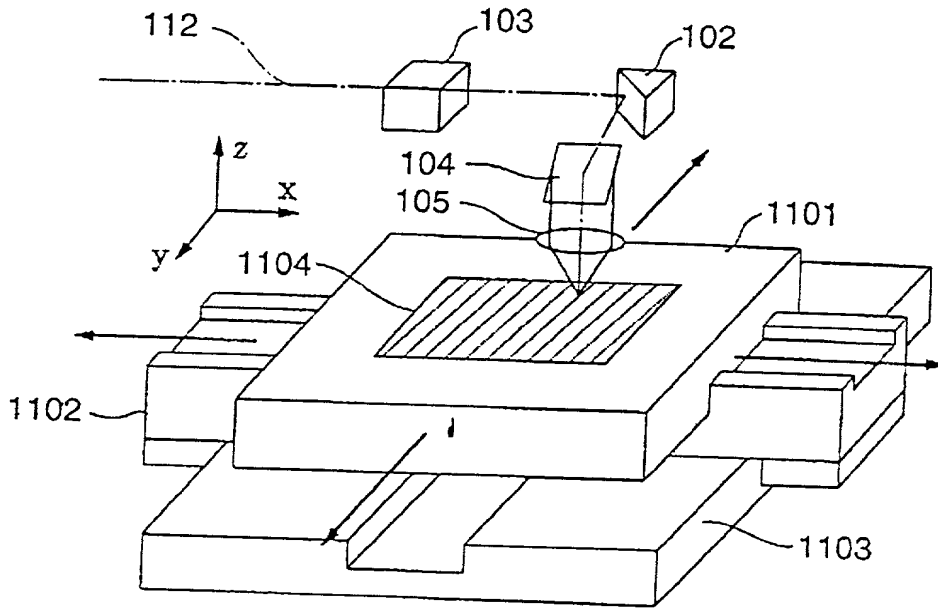


図 21



2 2



2 3

